



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO
INŽENÝRSTVÍ ÚSTAV
AUTOMOBILNÍHO A
DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

JEŘÁB SLOUPOVÝ VÝLOŽNÍKOVÝ

PILLAR JIB CRANE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ALEŠ DIAS

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. JIŘÍ MALÁŠEK, Ph.D.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Akademický rok: 2012/13

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Aleš Dias

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Stavba strojů a zařízení (2302R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Jeřáb sloupový výložníkový

v anglickém jazyce:

Pillar jib crane

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Navrhněte konstrukci sloupového jeřábu včetně důležitých pevnostních výpočtů dle zadaných parametrů:

Délka vyložení ramene 4000mm

Výška zdvihu 6800mm

Nosnost 1500kg

Proveďte rozbor výběru vhodného kladkostroje -
výrobci, parametry, ceny.

Cíle bakalářské práce:

Vypracovat technickou zprávu s rozbořem konstrukce, s výběrem vhodného kladkostroje a s důležitými pevnostními výpočty.

Nakreslit konstrukční výkres sestavy sloupového jeřábu dle zadaných parametrů, detailní výkres sloupu.

Seznam odborné literatury:


1. Shigley J.E., Mischke Ch.R., Budynas R.G.: Konstruování strojních součástí. 2010. ISBN 978-80-214-2629-0.
2. Gajdůšek, J., Škopán, M.: Teorie dopravních a manipulačních zařízení.
3. Remta, F., Kupka, L., Dražan. F.: Jeřáby.
4. Cvekl, Z., Dražan. F.: Teoretické základy transportních zařízení.
5. Jančík, L.: Části a mechanismy strojů, ČVUT Praha, 2004.
6. Klimeš, P.: Části a mechanismy strojů I, II, VUT Brno 2003.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.

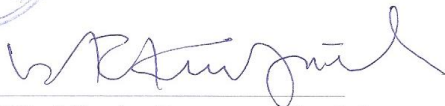
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/13.

V Brně, dne 19.11.2012




prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
Ředitel ústavu




prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan

ABSTRAKT

Smyslem této bakalářské práce je koncepční návrh sloupového jeřábu, včetně důležitých pevnostních výpočtů. Maximální nosnost je 1 500 kg při délce vyložení ramene 4 000 mm. Jeřáb je řešen, jako pracující v blízkosti stěny a rozsah otáčení je tedy 180°. Práce obsahuje také výběr vhodného kladkostroje z katalogu výrobců.

KLÍČOVÁ SLOVA

Sloupový výložníkový jeřáb, sloup, výložník, zdvihací ústrojí

ABSTRACT

The aim of my work is conceptual design pillar jib crane including important strength calculations. Payload is 1500 kg and length jib is 4 000 mm. The pillar jib crane is working near the wall and angle turning is 180°. The work also includes the selection lifting gear with manufacturer's catalog.

KEYWORDS

Pillar jib crane, pillar, jib, lifting gear

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

DIAS, A. *Jeřáb sloupový výložníkový*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 41 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D..

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Doc.
Ing. Jiřího Maláška Ph.D..

V Brně dne 25. května 2013

.....

Jména a přímení

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce Doc. Ing. Jiřímu Maláškovi Ph.D. za odborné rady a pomoc při tvorbě této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat rodičům za podporu při studiu.

© Aleš Dias, 2013

Tato práce byla vytvořena jako školní dílo na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě strojního inženýrství. Práce je chráněna autorským zákonem a její užití bez udělení oprávnění autorem je v rozporu se zákonem, vyjma zákonem definovaných případů.

Obsah

Úvod.....	10
1. Rozdělení sloupových jeřábů.....	11
1.1 Otočný sloupový jeřáb se spodní podpěrrou.....	11
1.2 Otočný sloupový jeřáb s horní podpěrrou.....	11
1.3 Otočný sloupový jeřáb se spodní podpěrrou.....	12
1.4 Otočný sloupový jeřáb kloubový	12
2. Zadání	13
3. Volba typu otočného mechanismu	13
4. Volba kladkostroje	13
4.1 Porovnání cen kladkostrojů od největších světových výrobců	13
4.2 Použitý kladkostroj.....	14
5. Volba a výpočet parametrů sloupového jeřábu.....	14
5.1 Výložník.....	14
5.1.1 Volba profilu výložníku	14
5.1.2 Volba materiálu výložníku	14
5.1.3 Výpočet výpočtové meze kluzu.....	14
5.1.4 Výpočet průřezového modulu v ohybu	15
5.1.5 Skutečné napětí v nosníku.....	17
5.1.6 Skutečný součinitel bezpečnosti.....	18
5.1.7 Výsledné vnitřní účinky ve výložníku	19
5.2 Návrh sloupu jeřábu.....	19
5.2.1 Volba profilu sloupu	19
5.2.2 Volba materiálu sloupu	19
5.2.3 Výpočet výpočtové meze kluzu.....	19
5.2.4 Výpočet stykových sil působící na sloup	20
5.2.5 Výpočet napětí ve sloupu	21
5.2.6 Výpočet modulu průřezu v ohybu	25
5.3 Návrh ložisek na mechanismus otoče.....	25
5.3.1 Ložisko spodní otoče	25
5.3.2 Ložisko horní otoče	27
5.4 Návrh ukotvení sloupu.....	28
5.4.1 Volba kotevních šroubů	29
5.4.2 Výpočet dovoleného napětí ve šroubu.....	29
5.4.3 Výpočet jednotlivých sil ve šroubech.....	30
5.4.4 Výpočet průměru šroubu.....	31

6. Volba příslušenství	31
6.1 Volba C-profilu	31
6.2 Volba držáku C-profilu	32
6.3 Volba konzoly s upínkami	32
6.4 Volba vozíku pro ploché kabely	33
6.5 Volba plochých kabelů	33
Závěr.....	35
Seznam použitých zdrojů	36
Seznam použitých zkratk a symbolů	38
Seznam obrázků	40
Seznam příloh	41

Úvod

Jeřáb je dopravní stroj z kategorie zdvihadel, který přemísťuje břemena jak ve svislém tak i ve vodorovném směru. Koncepčních návrhů je mnoho. Já se zaměřím pouze na sloupový výložníkový jeřáb. Ten je specifický pro použití hlavně ve výrobních halách k přemísťování břemen ale lze jej nalézt i ve venkovním prostředí. Důležité je pro něj pevný základ, aby mohl být náležitě ukotven. To ve všech případech nelze splnit a tak se setkáváme s řešením, kdy je sloupový jeřáb ukotven na ocelovou mezidesku. Nosnost se pohybuje obvykle do 5t. Při větších hmotnostech se používá spíše mostových jeřábu nebo jeřábů poloportálových. Oba dva ale potřebují upravit konstrukci haly, což u sloupového jeřábu potřeba není. Sloupové jeřáby mohou být otočné o 360° při použití spodní podpěry s odvalem po sloupu nebo o 270° při použití navaření patek na sloup a uchycení výložníku k nim. Poslední možností je jeřáb kloubový, který umožňuje přemístit břemeno tzv. „za roh“ nebo např. i z haly do nákladního automobilu. Dalším specifikem pro sloupové jeřáby je řetězový kladkostroj, který v drtivé většině převažuje před kladkostrojem lanovým.

1. Rozdělení sloupových jeřábů

1.1 Otočný sloupový jeřáb se spodní podpěrrou

- otočný o 360°
- největší nosnost až kolem 10t



Obr. 1: Otočný sloupový jeřáb se spodní podpěrrou a otočením 360° [12]

1.2 Otočný sloupový jeřáb s horní podpěrrou

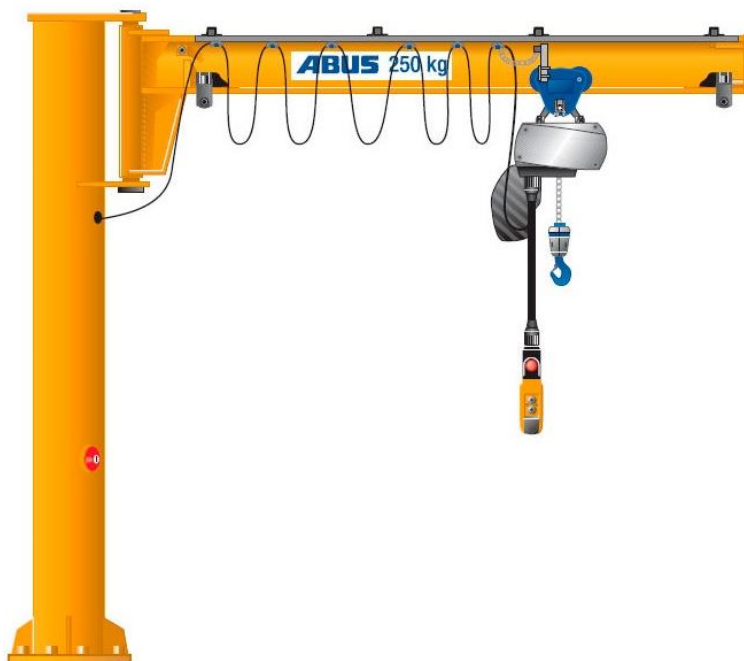
- otočný o 270°
- nejmenší nosnosti, obvykle do 1t



Obr. 2: Otočný sloupový jeřáb s horní podpěrrou a otočením 270° [12]

1.3 Otočný sloupový jeřáb se spodní podpěrrou

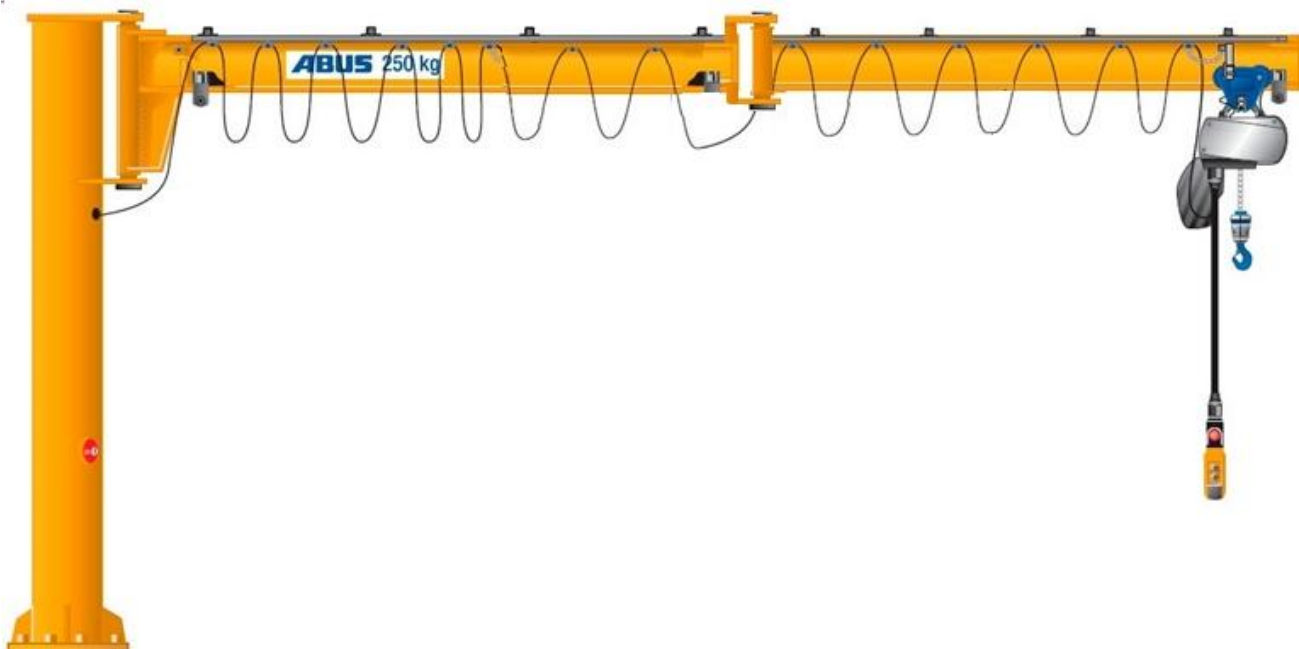
- otočný o 270°
- střední nosnosti až kolem 3t



Obr. 3: Otočný sloupový jeřáb se spodní podpěrrou a otočením 270° [12]

1.4 Otočný sloupový jeřáb kloubový

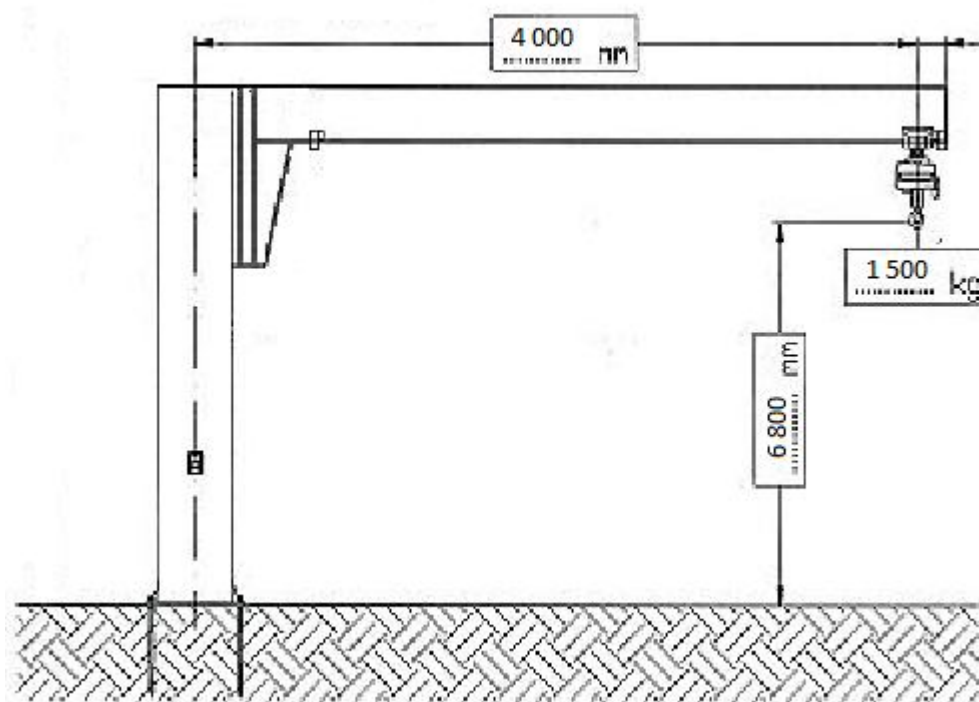
- otočný o 270° hlavního ramene a 300° pomocného ramene
- nejmenší nosnosti, obvykle do 1t s možností přemístit břemeno tzv. „za roh“



Obr. 4: Otočný sloupový jeřáb kloubový [12]

2. Zadání

Délka vyložení ramene	4000 mm
Výška zdvihu	6800 mm
Nosnost:	1500 kg



Obr. 5: Schéma sloupového jeřábu a důležitých parametrů [20]

3. Volba typu otočného mechanismu

Vzhledem k tomu, že nebyl zadán rozsah otáčení, volil jsem, že jeřáb bude pracovat u stěny. Z tohoto důvodu se předpokládá, že manipulační prostor bude v rozsahu 180°. Typ sloupového jeřábu tedy bude dle obr. 3. Tento rozsah musí být dále omezen dorazy na sloupu, z důvodu možnosti otáčení daného mechanismu o 270°.

4. Volba kladkostroje

4.1 Porovnání cen kladkostrojů od největších světových výrobců

Z široké škály výrobců kladkostrojů jsem se omezil na 4 výrobce a to: LIFTKET, DEMAG, SWF, ABUS.

Od firmy LIFTKET lze pořídit řetězový kladkostroj, který mám použít v této práci a to model 070/54 za 64 576 Kč bez DPH (je to konečná cena včetně zvýšené výšky zdvihu a větší délky kabelu dle parametrů v zadání). Vzhledem k tomu, že mám větší výšku zdvihu tak se připlácí za každý její

metr navíc 1 088 Kč a za každý metr navíc ovládacího kabelu 160 Kč [13]. Základní provedení tohoto kladkostroje je s výškou zdvihu 3 metry a délkou kabelu 1,5 metru v ceně 59 947 Kč bez DPH. Dále lze zakoupit kladkostroje s elektrickým pojezdem a nosností 1000 kg v ceně od 51 198 do 76 451 Kč bez DPH a nosností 2000 kg v ceně od 61 675 do 80 838 Kč bez DPH.

Od firmy ABUS lze zakoupit řetězový elektrický kladkostroj s nosností 1000 kg a elektrickým pojezdem, základní výškou zdvihu 3 metry a délkou kabelu 2,3 metry za 67 241 Kč bez DPH [16]. O třídy vyšší je kladkostroj s nosností 2000 kg a elektrickým pojezdem, parametry zdvihu a kabelu jsou stejné, ovšem cena je 86 789 Kč bez DPH [19].

Od firmy DEMAG lze zakoupit řetězový kladkostroj závěsný bez elektrického pojezdu a nosností 1000 kg za 32 250 Kč bez DPH [14]. O třídu vyšší je řetězový kladkostroj s nosností 2000 kg také bez elektrického pojezdu za 41 400 Kč bez DPH [15].

Od firmy SWF lze zakoupit řetězový elektrický kladkostroj s nosností 2000 kg a zavěšením na hák bez elektrického pojezdu za 57 360 Kč bez DPH [17]. O třídu nižší je kladkostroj s nosností 1600 kg bez elektrického pojezdu za 55 200 Kč bez DPH [18].

4.2 Použitý kladkostroj

Kladkostroj je volen od Německé firmy LIFTKET dle [11]. Důvodem je široký výběr produktů a hlavně špičková kvalita a dostupnost servisu ve velmi krátké době přímo od výrobce sídlící v Německu. Typ kladkostroje je 1600/2-4, model 070/54. Tento kladkostroj bude s typem pojezdu 2000 S1. Jedná se o elektrický pojezd. Šířka příruby je u tohoto typu pojezdu je 220 – 300. Rychlost zdvihu 4 m/min.

5. Volba a výpočet parametrů sloupového jeřábu

5.1 Výložník

5.1.1 Volba profilu výložníku

Výložník je volen s I profilu. Přesněji s profilu IPE, který je ekonomicky výhodnější než zastaralý profil I, má větší únosnost při stejné hmotnosti.

5.1.2 Volba materiálu výložníku

Materiál je volen 11 523.

Minimální mez kluzu $R_{e\min} = 355 \text{ MPa}$ dle [1], str.1128

Návrhový součinitel je volen $k_n = 2$

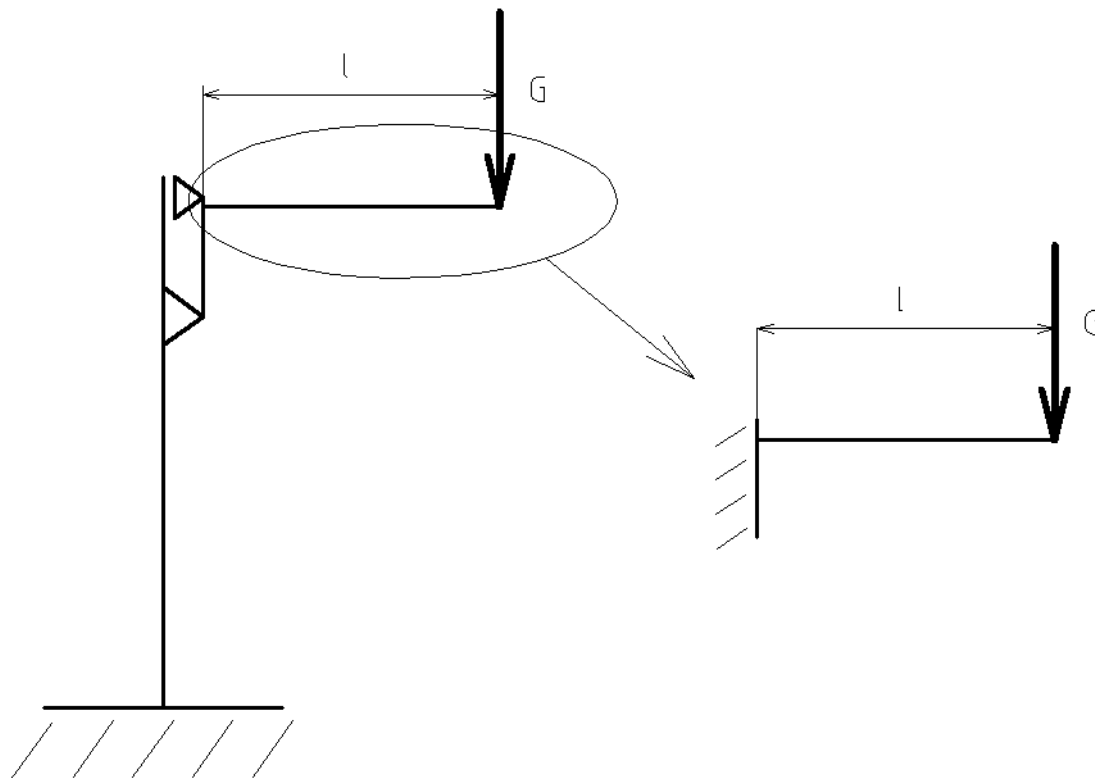
5.1.3 Výpočet výpočtové meze kluzu

$$R_e = \frac{R_{e\min}}{k_n}$$

$$R_e = \frac{355 \text{ MPa}}{2} = 177,5 \text{ MPa}$$

kde:	$R_{e\min}$	[MPa]	minimální mez kluzu materiálu
	R_e	[MPa]	výpočtová mez kluzu
	k_n	[-]	návrhový součinitel

5.1.4 Výpočet průřezového modulu v ohybu



Obr. 6: Schéma konstrukce jeřábu

$$\sigma_D = R_e = 177,5 \text{ MPa}$$

kde:	σ_D	[MPa]	dovolené napětí materiálu
	R_e	[MPa]	výpočtová mez kluzu

Dynamický součinitel zdvihu φ dle [2], str. 307 pro $v_z = 4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

$$\varphi = 1,3 + 0,005 \cdot v_z$$

$$\varphi = 1,3 + 0,005 \text{ m}^{-1} \text{s} \cdot 4 \text{ m s}^{-1} = 1,32$$

kde:	v_z	[m·s ⁻¹]	rychlost zdvihu kladkostroje
------	-------	----------------------	------------------------------

φ [-] dynamický součinitel zdvihu

Zatěžující síla od maximální hmotnosti břemene

$$G_1 = m_1 \cdot g \cdot \varphi$$

$$G_1 = 1\,500\text{ kg} \cdot 9,81\text{ ms}^{-2} \cdot 1,32 = 19\,423,8\text{ N}$$

$$G_1 = 19\,500\text{ N}$$

kde: m_1 [kg] maximální hmotnost břemene

φ [-] dynamický součinitel zdvihu

Zatěžující síla od vlastní hmotnosti kladkostroje

$$G_2 = m_2 \cdot g$$

$$G_2 = 66\text{ kg} \cdot 9,81\text{ ms}^{-2} = 647,46\text{ N}$$

$$G_2 = 648\text{ N}$$

kde: m_2 [kg] hmotnost kladkostroje

Celková zatěžující síla od kladkostroje a břemene

$$G = G_1 + G_2$$

$$G = 19\,500\text{ N} + 648\text{ N} = 20\,148\text{ N}$$

kde: G_1 [N] síla od hmotnosti břemene

G_2 [N] síla od hmotnosti kladkostroje

Ohybový moment od síly G:

$$M_G = G \cdot l$$

$$M_G = 20\,148\text{ N} \cdot 4\,000\text{ mm} = 80\,592\,000\text{ Nmm}$$

kde: G [N] celková zatěžující síla

l [mm] délka vyložení ramene

Výpočet průřezového modulu výložníku

$$\sigma_D = \frac{M_G}{W_O} \Rightarrow W_O = \frac{M_G}{\sigma_D}$$

$$W_O = \frac{80\,592\,000\text{ Nmm}}{177,5\text{ MPa}} = 454\,039,44\text{ mm}^3$$

$$W_O = 454\text{ cm}^3$$

Vzhledem k tomu, že nemám uváženou vlastní hmotnost nosníku výložníku, volím profil IPE 300 s

$W_x = 557 \text{ cm}^3$ dle [3], str. 294

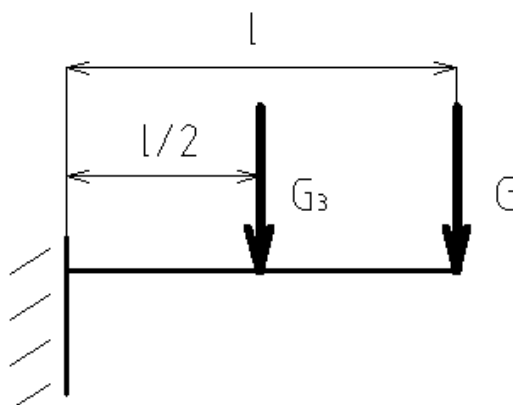
kde:	σ_D	[MPa]	dovolené napětí materiálu
	M_G	[N·mm]	ohybový moment od síly G
	W_x	[cm ³]	modul průřezu v ohybu k ose x

5.1.5 Skutečné napětí v nosníku

Skutečný ohybový moment zvětšený o vlastní hmotnost nosníku

Hmotnost 1 m profilu IPE 300 je 42,2 kg [3], str. 294

4 m profilu IPE 300 mají $m_3 = 168,8 \text{ kg}$



Obr. 7: Schéma výložníku

Zatěžující síla od vlastní hmotnosti profilu výložníku

$$G_3 = m_3 \cdot g$$

$$G_3 = 168,5 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ ms}^{-2} = 1\,655,928 \text{ N}$$

$$G_3 = 1\,656 \text{ N}$$

kde:	m_3	[kg]	vlastní hmotnost výložníku
------	-------	------	----------------------------

Ohybový moment od síly G_3

$$M_{G_3} = G_3 \cdot \frac{l}{2}$$

$$M_{G_3} = 1\,656 \text{ N} \cdot \frac{4\,000 \text{ mm}}{2} = 3\,312\,000 \text{ N}$$

kde:	G_3	[N]	síla od hmotnosti výložníku
	l	[mm]	délka vyložení ramene

Celkový ohybový moment působící na profil výložníku

$$M_{OV} = M_G + M_{G3}$$

$$M_{OV} = 80\,592\,000\, Nmm + 3\,312\,000\, Nmm = 83\,904\,000\, Nmm$$

kde: M_G [N·mm] ohybový moment od síly G

M_{G3} [N·mm] ohybový moment od síly G_3

Skutečné napětí ve výložníku

$$\sigma_D = \frac{M_{OV}}{W_O}$$

$$\sigma_D = \frac{83\,904\,000\, Nmm}{557\,000\, mm^3} = 150,64\, MPa$$

kde: M_{OV} [N·mm] celkový ohybový moment výložníku

W_O [mm³] modul průřezu v ohybu

5.1.6 Skutečný součinitel bezpečnosti

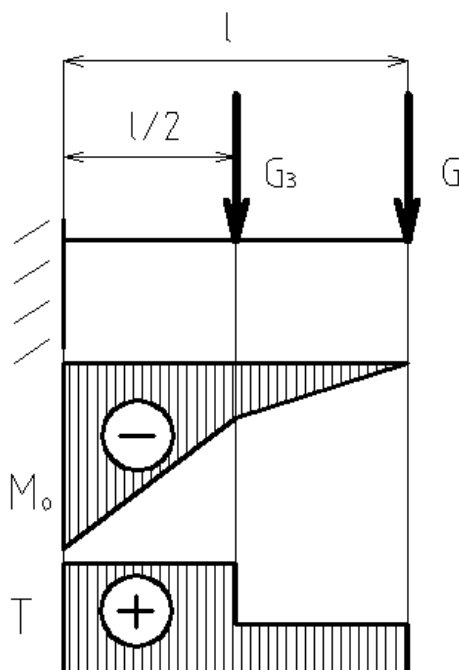
$$k_k = \frac{R_{e\min}}{\sigma_D}$$

$$k_k = \frac{355\, MPa}{150,64\, MPa} = 2,36$$

kde: $R_{e\min}$ [MPa] minimální mez kluzu materiálu

σ_D [MPa] dovolené napětí materiálu

5.1.7 Výsledné vnitřní účinky ve výložníku



Obr. 8: VVÚ výložníku

5.2 Návrh sloupu jeřábu

5.2.1 Volba profilu sloupu

Sloup je volen z kruhové trubky

5.2.2 Volba materiálu sloupu

Materiál je volen 11 523.

Minimální mez kluzu $R_{e\min} = 355 \text{ MPa}$ dle [1], str.1128

Návrhový součinitel je volen $k_n = 2$

5.2.3 Výpočet výpočtové meze kluzu

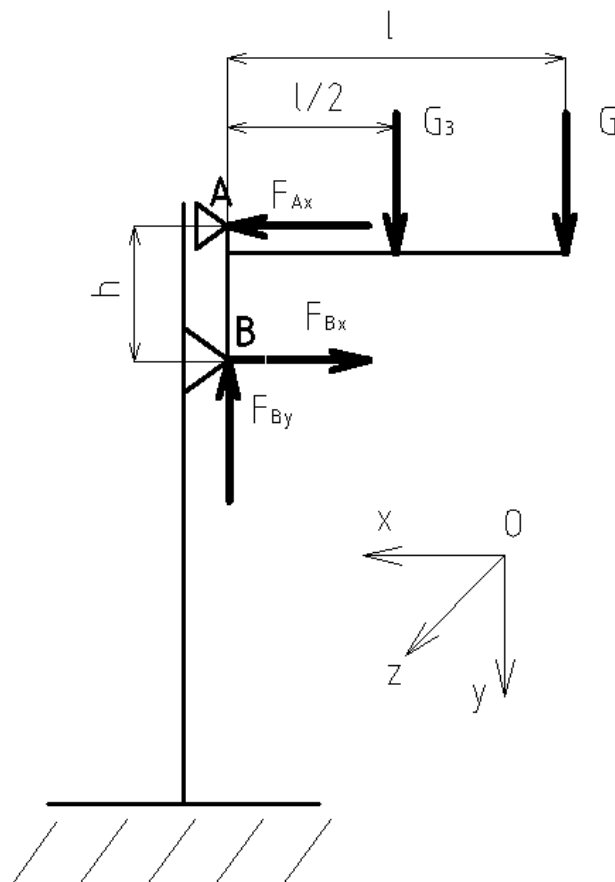
$$R_e = \frac{R_{e\min}}{k_n}$$

$$R_e = \frac{355 \text{ MPa}}{2} = 177,5 \text{ MPa}$$

kde:	$R_{e\min}$ [MPa]	minimální mez kluzu materiálu
	R_e [MPa]	výpočtová mez kluzu
	k_n [-]	návrhový součinitel

5.2.4 Výpočet stykových sil působící na sloup

Ze síly od hmotnosti břemene, kladkostroje a síly od vlastní hmotnosti výložníku si stanovíme reakční síly ve vazbách A a B výložníku a z nich s uvážením principu akce a reakce i na sloupu.



Obr. 9: Schéma stykových a zatěžujících sil

Celková zatěžující síla od kladkostroje a břemene

$$G = G_1 + G_2$$

$$G = 19\,500\, \text{N} + 648\, \text{N} = 20\,148\, \text{N}$$

kde: G_1 [N] síla od hmotnosti břemene

G_2 [N] síla od hmotnosti kladkostroje

Zatěžující síla od vlastní hmotnosti profilu výložníku

$$G_3 = m_3 \cdot g$$

$$G_3 = 168,5\, \text{kg} \cdot 9,81\, \text{ms}^{-2} = 1\,655,928\, \text{N}$$

$$G_3 = 1\,656\, \text{N}$$

kde: m_3 [kg] vlastní hmotnost výložníku

$$\sum_{i=1}^n F_{ix} = 0$$

$$x: F_{Bx} - F_{Ax} = 0 \text{ N} \Rightarrow F_{Bx} = F_{Ax} = 95\,345 \text{ N}$$

$$\sum_{i=1}^n F_{iy} = 0$$

$$y: F_{By} + G_3 + G = 0 \text{ N} \Rightarrow F_{By} = -G_3 - G = -1\,656 \text{ N} - 20\,148 \text{ N} = -21\,804 \text{ N}$$

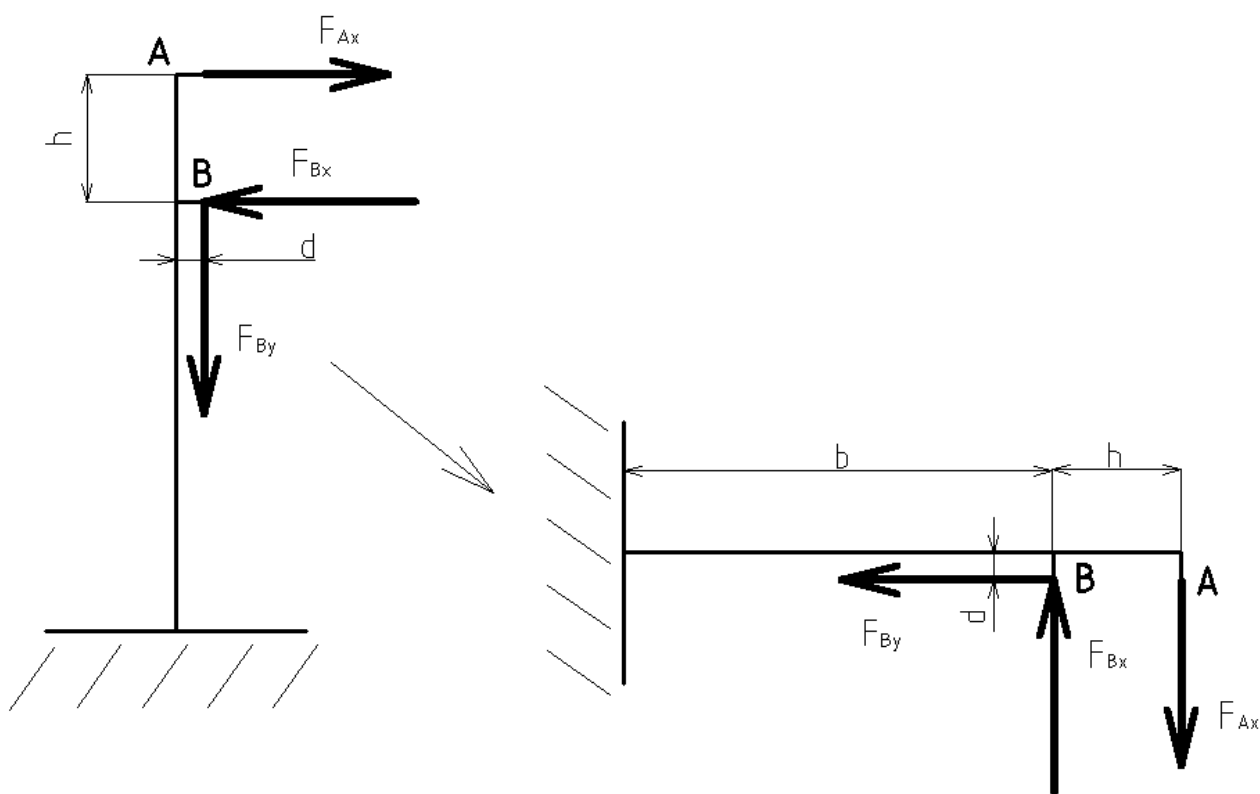
$$\sum_{i=1}^n M_{iB} = 0$$

$$z: F_{Ax} \cdot h - G_3 \cdot \frac{l}{2} - G \cdot l = 0 \text{ Nmm} \Rightarrow$$

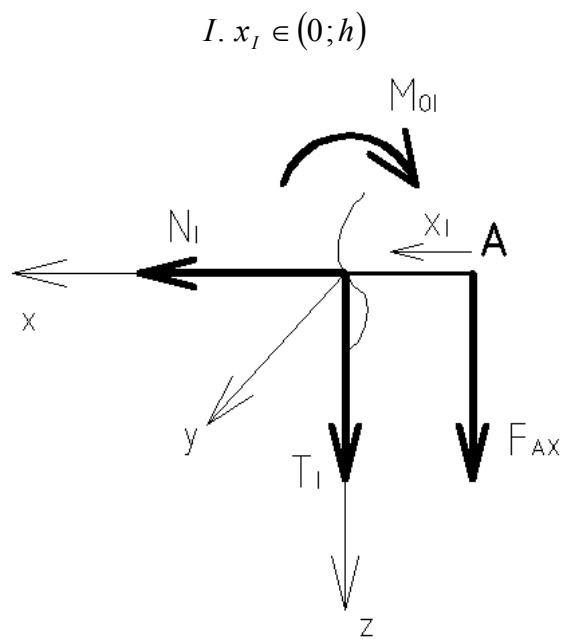
$$\Rightarrow F_{Ax} = \frac{G_3 \cdot \frac{l}{2} + G \cdot l}{h} = \frac{1\,656 \text{ N} \cdot \frac{4\,000 \text{ mm}}{2} + 20\,148 \text{ N} \cdot 4\,000 \text{ mm}}{880 \text{ mm}} = 95\,345 \text{ N}$$

5.2.5 Výpočet napětí ve sloupu

Schéma pro výpočet sloupu jsem u obr. č. 10 otočil o 90° pro názornější pochopení.



Obr. 10: Stykové síly na sloupu



Obr. 11: Uvolnění úseku I

$$\sum_{i=1}^n F_{ix} = 0$$

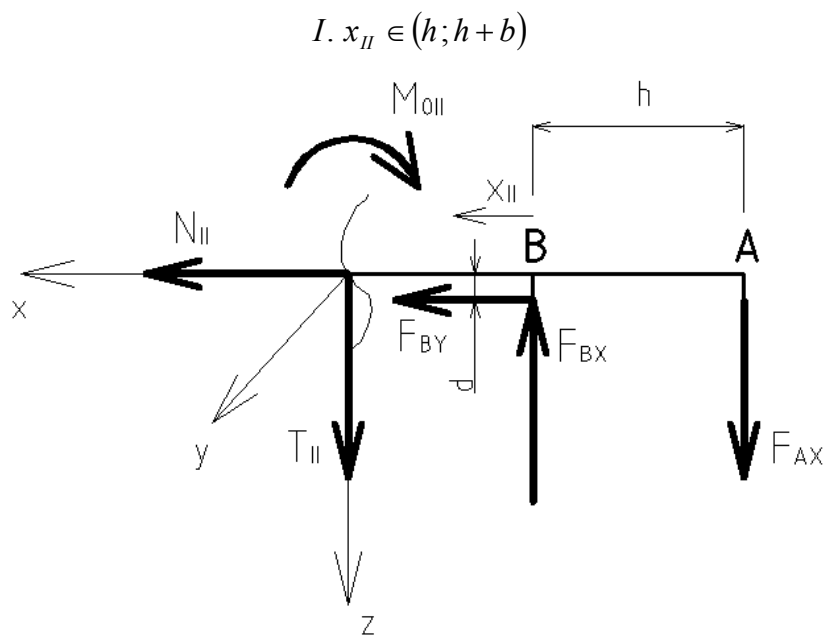
$$x: N_I = 0 \text{ N}$$

$$\sum_{i=1}^n F_{iz} = 0$$

$$z: T_I + F_{Ax} = 0 \text{ N} \Rightarrow T_I = -F_{Ax} = -95\,345 \text{ N}$$

$$\sum_{i=1}^n M_{iy} = 0$$

$$y: M_{OI} - F_{Ax} \cdot x_I = 0 \text{ Nmm} \Rightarrow M_{OI} = -F_{Ax} \cdot x_I = -95\,345 \text{ N} \cdot 880 \text{ mm} = 83\,903\,600 \text{ Nmm}$$



Obr. 12: Uvolnění úseku II

$$\sum_{i=1}^n F_{ix} = 0$$

$$x: N_{II} + F_{By} = 0 \text{ N} \Rightarrow N_{II} = -F_{By} = 21\,804 \text{ N}$$

$$\sum_{i=1}^n F_{iz} = 0$$

$$z: T_{II} - F_{Bx} + F_{Ax} = 0 \text{ N} \Rightarrow T_{II} = F_{Bx} - F_{Ax} = 95\,345 \text{ N} - 95\,345 \text{ N} = 0 \text{ N}$$

$$\sum_{i=1}^n M_{iy} = 0$$

$$y: -M_{OII} + F_{Bx} \cdot (x_{II} - h) - F_{Ax} \cdot x_{II} - F_{By} \cdot d = 0 \text{ Nmm} \Rightarrow M_{OII} = F_{Bx} \cdot (x_{II} - h) - F_{Ax} \cdot x_{II} - F_{By} \cdot d$$

Některé ohybové momenty ve významných bodech:

Ohybový moment v bodě 0: $x_I = 0 = 0 \text{ mm}$

$$M_{OI} = -F_{Ax} \cdot x_I = -95\,345 \text{ N} \cdot 0 \text{ mm} = 0 \text{ Nmm}$$

Ohybový moment v bodě B: $x_I = h = 880 \text{ mm}$

$$M_{OI} = -F_{Ax} \cdot x_I = -95\,345 \text{ N} \cdot 880 \text{ mm} = -83\,903\,600 \text{ Nmm}$$

Ohybový moment v bodě $\frac{h}{2}$: $\frac{x_I}{2} = \frac{h}{2} = \frac{880 \text{ mm}}{2} = 440 \text{ mm}$

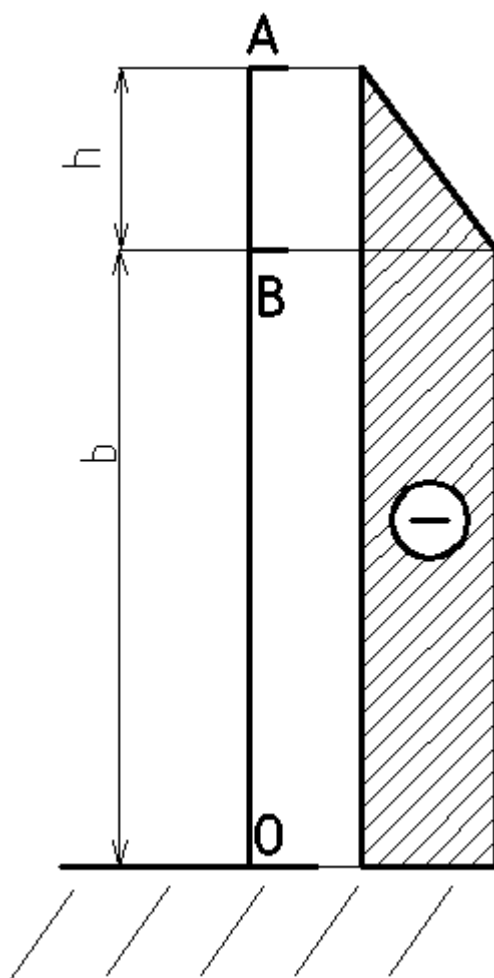
$$M_{OI} = -F_{Ax} \cdot x_I = -95\,345 \text{ N} \cdot 440 \text{ mm} = -41\,951\,800 \text{ Nmm}$$

Ohybový moment v bodě $\left(h + \frac{b}{2}\right)$: $x_{II} = \left(h + \frac{b}{2}\right) = 880 \text{ mm} + \frac{6\,900 \text{ mm}}{2} = 4\,330 \text{ mm}$

$$M_{OII} = F_{Bx} \cdot (x_{II} - h) - F_{Ax} \cdot x_{II} - F_{By} \cdot d = 95\,345 \text{ N} \cdot (4\,330 \text{ mm} - 880 \text{ mm}) - 95\,345 \text{ N} \cdot 4\,330 \text{ mm} - 21\,804 \text{ N} \cdot 285 \text{ mm} = -90\,117\,740 \text{ Nmm}$$

Ohybový moment v bodě $(h + b)$: $x_{II} = (h + b) = 880 \text{ mm} + 6\,900 \text{ mm} = 7\,780 \text{ mm}$

$$M_{OII} = F_{Bx} \cdot (x_{II} - h) - F_{Ax} \cdot x_{II} - F_{By} \cdot d = 95\,345 \text{ N} \cdot (7\,780 \text{ mm} - 880 \text{ mm}) - 95\,345 \text{ N} \cdot 7\,780 \text{ mm} - 21\,804 \text{ N} \cdot 285 \text{ mm} = 90\,117\,740 \text{ Nmm}$$



Obr. 13: VVÚ sloupu pro ohyb

5.2.6 Výpočet modulu průřezu v ohybu

$$\sigma_D = \frac{M_{oII}}{W_o} \Rightarrow W_o = \frac{M_{oII}}{\sigma_D}$$

$$W_o = \frac{90\,117\,740 \text{ Nmm}}{177,5 \text{ MPa}} = 507\,705,58 \text{ mm}^3$$

kde: M_{oII} [N·mm] největší ohybový moment na sloupu

R_e [MPa] výpočtová mez kluzu

Vzhledem k tomu, že trubka bude svařena ze dvou kusů pro její velkou délku, musím toto zohlednit při výběru vhodného průměru, výpočtu vyhovují nejlépe dvě trubky a to:

• 324x10 (průměr x tloušťka stěny) $W_o = 751\,232 \text{ mm}^3$ a $77,4 \text{ kg/m}$ [6]

• 356x9 (průměr x tloušťka stěny) $W_o = 830\,162 \text{ mm}^3$ a $77,0 \text{ kg/m}$ [5]

Volím bezešvou hladkou kruhovou trubku D=356 mm, t=9 mm, ČSN 42 5715.01, která má nižší hmotnost a mnohem větší ohybovou únosnost.

Zde uvedené moduly průřezu jsou jen teoretické hodnoty ideální trubky. Ve skutečnosti výrobce udává úchylku vnějšího průměru $\pm 1,5\%$ a tloušťky stěny $\pm 15\%$, to je další důvod proč volit větší průměr trubky.

5.3 Návrh ložisek na mechanismus otoče

Spodní ložisko otoče bude kuželíkové ložisko, aby bylo schopno zachytit velké vznikající radiální a axiální síly. Horní ložisko bude válečkové s plným počtem valivých elementů pro zachycení pouze velkých radiálních sil.

Vzhledem k tomu, že ložisko bude konat pouze otočný pohyb v rozmezí 180° a to ještě velice zřídka uvažuje se u obou ložisek se statickou únosností.

5.3.1 Ložisko spodní otoče

- ložisko je voleno kuželíkové od firmy SKF

- zatížení se uvažuje pouze statické z důvodu malé frekvence otáčení a to jen v rozsahu max. 180°

Ekvivalentní statické zatížení ložiska dle [10], str. 612 a 621

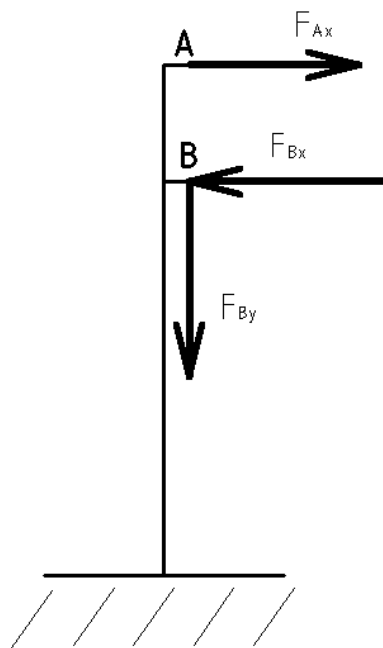
- pro výběr ložiska je $C_o = P_o$

$$P_o = 0,5 \cdot F_r + Y_o \cdot F_a$$

$$P_o = 0,5 \cdot 95\,345\,N + 0,6 \cdot 21\,804\,N = 60\,755\,N$$

Za síly udávané výrobcem dosadíme: $F_r = F_{Bx}$; $F_a = F_{By}$

kde:	P_o	[N]	ekvivalentní statické zatížení ložiska
	F_r	[N]	radiální síla působící na ložisko
	F_a	[N]	axiální síla působící na ložisko
	Y_o	[-]	součinitel
	F_{Bx}	[N]	radiální síla působící na ložisko
	F_{By}	[N]	axiální síla působící na ložisko

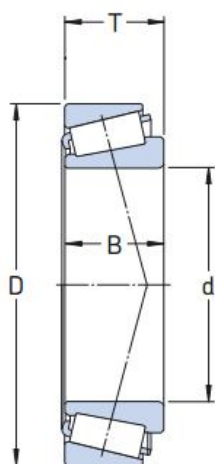


Obr. 14: Schéma sil na kuželíkovém ložisku

Jestliže je $P_o < F_{Bx}$ pak $P_o = F_{Bx}$

$$60,755 < 95,345 \Rightarrow P_o = 95,345\,kN \Rightarrow$$

\Rightarrow volím ložisko 32307 BJ2/Q [10], str. 620



$$B = 31 \text{ mm}$$

$$d = 35 \text{ mm}$$

$$D = 80 \text{ mm}$$

$$T = 32,75 \text{ mm}$$

$$C_o = 114 \text{ kN}$$

Obr. 15: Kuželíkové ložisko [10]

5.3.2 Ložisko horní otoče

- ložisko je voleno válečkové s plným počtem valivých těles od firmy SKF
- zatížení se uvažuje pouze statické z důvodu malé frekvence otáčení a to ještě v rozsahu max. 180°
- zde uvažujeme pouze radiální zatížení, protože veškeré axiální síly přenáší spodní kuželíkové ložisko

Ekvivalentní statické zatížení ložiska dle [7], str. 519

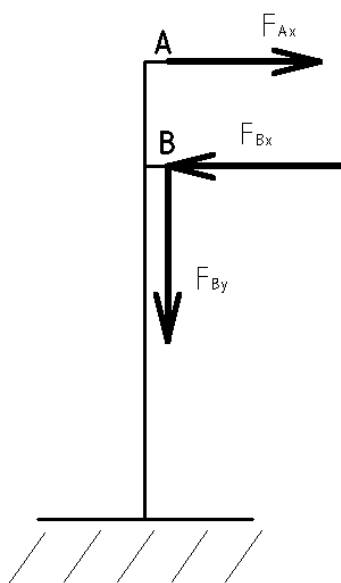
- pro výběr ložiska je $C_o = P_o$

$$P_o = F_r$$

kde: $R_{e\min}$ [MPa] minimální mez kluzu materiálu

R_e [MPa] výpočtová mez kluzu

Za síly udávané výrobcem dosadíme: $F_r = F_{Ax}$

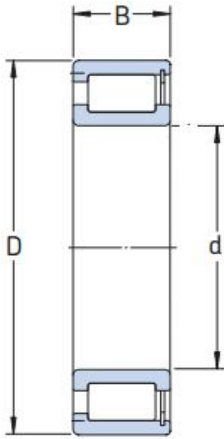


Obr. 16: Schéma sil na válečkovém ložisku

$$P_o = 95\,345\text{ N}$$

$$P_o = 95,3\text{ kN}$$

\Rightarrow volím ložisko NJG 2307 VH [7], str. 564



$$B = 31\text{ mm}$$

$$d = 35\text{ mm}$$

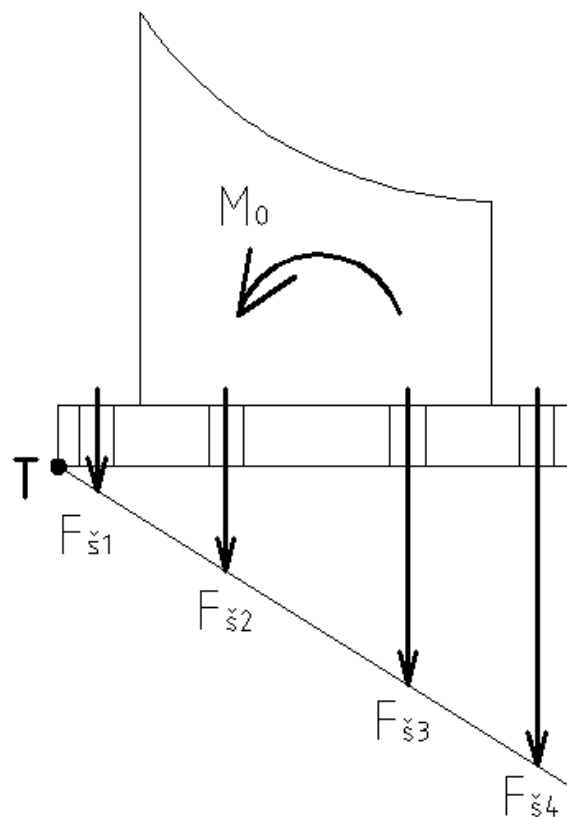
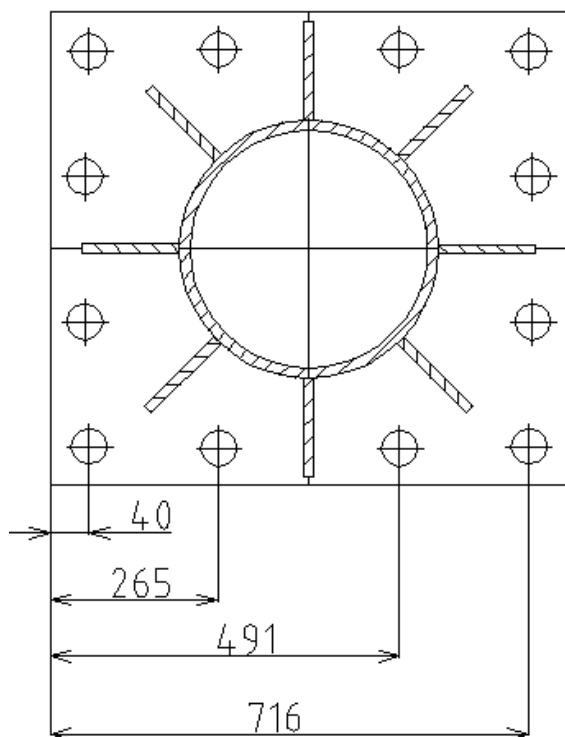
$$D = 80\text{ mm}$$

$$C_o = 114\text{ kN}$$

Obr. 17: Válečkové ložisko [7]

5.4 Návrh ukotvení sloupu

Ukotvení sloupu se provede postavením sloupu na dané místo, vyvrtání děr do podlahy a jejich řádné vyčištění a dále vložení chemických ampulí a našroubování kotevních šroubů. Doba zasychání je přesně stanovena výrobcem. Po této době se mohou šrouby dotáhnout a upevnit výložník jeřábu.



Obr. 18: Schéma ukotvení desky

5.4.1 Volba kotevních šroubů

Výpočet tahových sil ve šroubech dle [1] str. 483

Jsou voleny kotevní šrouby se šestihranem dle [8] v pevnosti 5.8



Obr. 19: Kotevní šroub [8]

Pevnosti 5.8 odpovídá dle [4] str. 34 $R_{e\dot{s}} = 400 \text{ MPa}$

5.4.2 Výpočet dovoleného napětí ve šroubu

$$\sigma_{D\dot{s}} = \frac{R_{e\dot{s}}}{k_n}$$

$$\sigma_{D\dot{s}} = \frac{400 \text{ MPa}}{2} = 200 \text{ MPa}$$

$$R_{eš} = 400 \text{ MPa}$$

$$k_n = 2$$

$$\begin{array}{llll} \text{kde:} & R_{eš} & [\text{MPa}] & \text{mez kluzu šroubu} \\ & k_n & [-] & \text{návrhový součinitele} \end{array}$$

5.4.3 Výpočet jednotlivých sil ve šroubech

$$M_{oII} = 4 \cdot F_1 \cdot r_1 + 2 \cdot F_2 \cdot r_2 + 2 \cdot F_3 \cdot r_3 + 4 \cdot F_4 \cdot r_4$$

Vzhledem k linearitě mezi silou a vzdáleností od teoretické osy otáčení platí

$$\frac{F_1}{r_1} = \frac{F_2}{r_2} = \frac{F_3}{r_3} = \frac{F_4}{r_4}$$

můžeme psát

$$\frac{F_1}{r_1} = \frac{F_2}{r_2} \Rightarrow F_2 = F_1 \cdot \frac{r_2}{r_1}$$

obdobně platí

$$F_3 = F_1 \cdot \frac{r_3}{r_1}$$

$$F_4 = F_1 \cdot \frac{r_4}{r_1}$$

pak

$$M_{oII} = 4 \cdot F_1 \cdot r_1 + 2 \cdot F_1 \cdot \frac{r_2}{r_1} \cdot r_2 + 2 \cdot F_1 \cdot \frac{r_3}{r_1} \cdot r_3 + 4 \cdot F_1 \cdot \frac{r_4}{r_1} \cdot r_4 \Rightarrow$$

$$F_1 = \frac{M_{oII}}{4 \cdot r_1 + 2 \cdot \frac{r_2^2}{r_1} + 2 \cdot \frac{r_3^2}{r_1} + 4 \cdot \frac{r_4^2}{r_1}}$$

$$F_1 = \frac{90\,117\,740}{4 \cdot 40 + 2 \cdot \frac{265^2}{40} + 2 \cdot \frac{491^2}{40} + 4 \cdot \frac{716^2}{40}} = 1345 \text{ N}$$

Největší tahová síla působí na šroub nejvzdálenější od teoretické osy otáčení a je to síla F_4 .

$$\frac{F_1}{r_1} = \frac{F_4}{r_4} \Rightarrow F_4 = F_1 \cdot \frac{r_4}{r_1}$$

$$F_4 = \frac{716 \text{ mm}}{40 \text{ mm}} \cdot 1345 \text{ N} = 24\,075,5 \text{ N}$$

kde:	F_{si}	[N]	síla ve šroubu
	r_i	[mm]	vzdálenost šroubu od bodu T
	M_{oII}	[N·mm]	největší ohybový moment na sloupu

5.4.4 Výpočet průměru šroubu

$$\sigma_{Dš} = \frac{F_4}{S} = \frac{F_4}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{4}} \Rightarrow d_3 = \sqrt{\frac{4 \cdot F_4}{\pi \cdot \sigma_{Dš}}}$$

$$d_3 = \sqrt{\frac{4 \cdot 24\,075,5 \text{ N}}{\pi \cdot 200 \text{ MPa}}} = 12,38 \text{ mm}$$

kde:	$\sigma_{Dš}$	[MPa]	dovolené napětí ve šroubu
	F_4	[MPa]	síla ve šroubu

Nejbližší vyšší šroub odpovídající tomuto průměru je M16 dle [8]. Vzhledem k tomu, že výrobce uvádí pro tento šroub pevnost betonu + pryskyřice 18,9 kN což nedostačuje je volen šroub M20 s pevností betonu + pryskyřice 26,7 kN.



Obr. 20: Pryskyřice

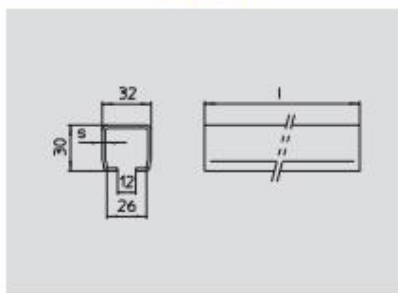
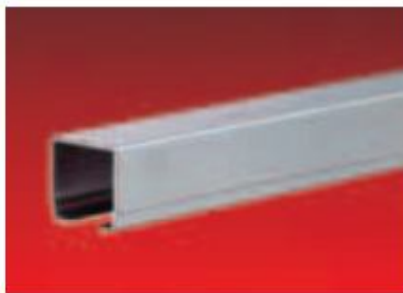
6. Volba příslušenství

Ke kladkostroji LIFTKET je možnost koupit příslušenství přímo od tohoto výrobce.

6.1 Volba C-profilu

C-profil volím délky 4000 mm s tloušťkou stěny 1,5 mm objednací číslo 023201-4.

C-profilý



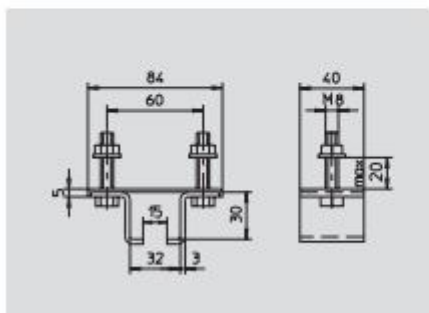
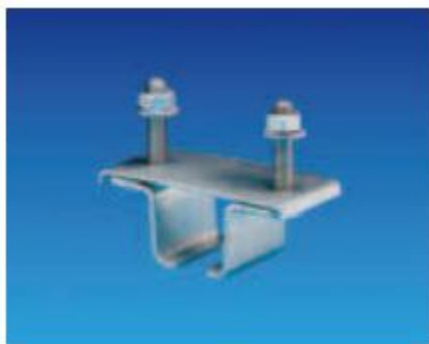
Objednací č.	Délka l [mm]	Tloušťka s [mm]
023200-6	6000	2
023200-4	4000	
023201-6	6000	1,5
023201-4	4000	

Materiál: Ocel žárově pozinkovaná
Jiné délky při objednávce.
Dodávka oblouků možná.

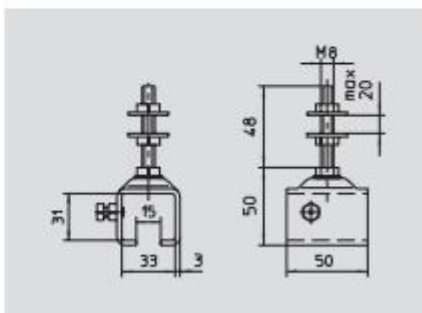
Obr. 21: C-profilý [21]

6.2 Volba držáku C-profilu

Držák volím dle obr vlevo se dvěma šrouby s objednacím číslem 023223



Objednací č.: 023223
Materiál: Ocel pozinkovaná
Připustné zatížení: 63 kg

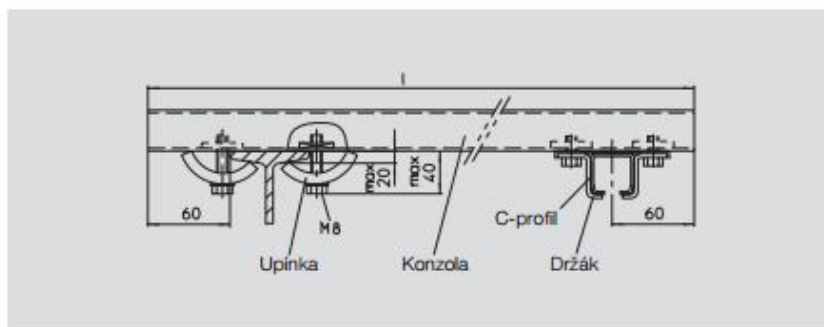


Objednací č.: 023231
Materiál: Ocel pozinkovaná
Připustné zatížení: 63 kg

Obr. 22: Držák C-profilu [21]

6.3 Volba konzoly s upínkami

Volím konzolu délky 500 mm s objednacím číslem 020275-0500 a upínku s objednacím číslem 020180-08



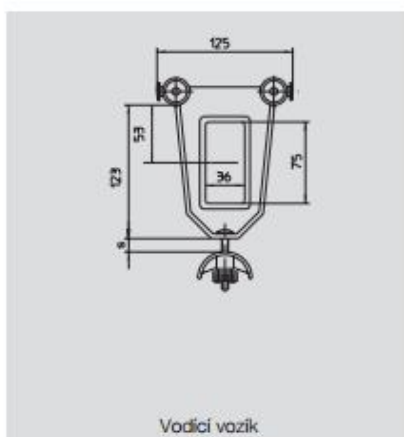
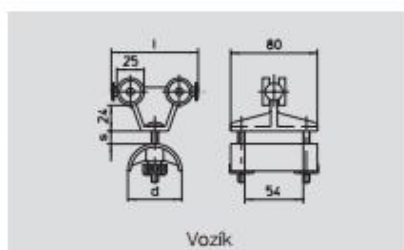
Název	Objednací č.	l [mm]
Konzola	020275-0500	500
Konzola	020275-1000	1000
Upínka	020180-08	

Materiál: Ocel pozinkovaná
Konzola děrovaná - viz hlavní katalog
Programm 230.

Obr. 23: Konzola s upínkami [21]

6.4 Volba vozíku pro ploché kabely

Volím vozík s objednacím číslem 023940 a tomu odpovídající vodící vozík a koncová svorka. Jedná se o provedení koleček s kuličkovým ložiskem s vnějším kroužkem z plastické hmoty.



Vozík Objednací č.	Vodící vozík Objednací č.	Koncová svorka Objednací č.	d [mm]	l [mm]	s [mm]	Provedení koleček	Nosnost P [kg]
023941	023956	023269	50	80	15	Kuličkové ložisko, pozinkované	20
023971	023976	023279	80	125	22		
023940	023956	023269	50	80	15	Kuličkové ložisko s vnějším kroužkem z plastické hmoty	10
023970	023976	023279	80	125	22		
023943	023958	023269	50	80	15	Kolečko z plastické hmoty, bronzové kluzné ložisko	10
023953	023958	023269	50	125	36		
023973	023978	023279	80	125	22		
023910	023915	023919	50	80	15	Kolečko i kluzné ložisko z plastické hmoty	6,3

Obr. 24: Vozík pro ploché kabely [21]

6.5 Volba plochých kabelů

Volím pryžové ploché kabely se stíněním typu GCFLGOU-O 18x1,5 s objednacím číslem 0404-08X1,5

Typ	Počet vodičů a průřez [mm²]	Objednací č.	Maximální rozměr s x b [mm]	cca hmotnost [kg / 100 m]
NGFLGÖU-J	14x1,5	0401-04X1,5	6,4 x 18,5	20,0
NGFLGÖU-J	15x1,5	0401-05X1,5	6,4 x 21,5	24,0
NGFLGÖU-J	18x1,5	0401-08X1,5	6,4 x 32,0	35,0
NGFLGÖU-J	10x1,5	0401-10X1,5	7,0 x 41,5	50,0
NGFLGÖU-J	12x1,5	0401-12X1,5	7,0 x 48,5	59,0
NGFLGÖU-J	14x2,5	0401-04X2,5	8,2 x 23,0	29,0
NGFLGÖU-J	15x2,5	0401-05X2,5	8,2 x 28,5	42,0
NGFLGÖU-J	18x2,5	0401-08X2,5	8,2 x 42,0	55,0
NGFLGÖU-J	14x4,5	0401-04X4,5	9,6 x 28,0	41,0
NGFLGÖU-J	17x4,5	0401-07X4,5	9,6 x 44,0	71,0
NGFLGÖU-J	14x6,5	0401-04X6,5	10,4 x 30,0	52,0
Pryžové ploché kabely se stíněním				
GCFLGÖU-O	14x1,5	0404-04X1,5	7,4 x 19,5	25,0
GCFLGÖU-O	18x1,5	0404-08X1,5	7,4 x 37,3	51,0

Obr. 25: Ploché kabely [21]

Závěr

Cílem mé bakalářské práce bylo vytvořit koncepční návrh sloupového jeřábu s délkou vyložení ramene 4 000 mm, nosností 1 500 kg a výškou zdvihu 6 800 mm. Provést rozbor parametrů, cen a výrobců jeřábových kladkostrojů. Dále udělat sestavu sloupového jeřábu a detailní výkres navrženého sloupu. Práce by měla také obsahovat výběr pojezdového ústrojí na základě jeho rozboru.

Výložník jeřábu je navrhnut z profilu IPE pro svoji malou hmotnost ale velkou únosnost. Sloup jeřábu bude svařen z dvou částí trubek průměru $D = 356$ mm a tloušťkou stěny $t = 9$ mm, kde první část má 2000 mm a druhá 5800 mm. Otočný mechanismus bude obsahovat dvě ložiska. Spodní ložisko je kuželíkové z důvodu zachycení velkých radiálních a axiálních sil. Horní ložisko je válečkové s plným počtem valivých těles pro zachycení pouze radiálních sil.

Kotevní deska sloupu bude připevněna k podlaze kotevními šrouby, které pomocí pryskyřicových ampulí upevníme do podlahy. Kotevní šrouby jsou M20.

Jako poslední jsem provedl návrh příslušenství ke kladkostroji LIFTKET. Výrobce má přímo svůj katalog, ze kterého lze vybrat potřebné díly.

Seznam použitých zdrojů

- [1]. SHIGLEY, J. E., MISCHKE, CH. R., BUDYNAS, R. G.: *Konstruování strojních součástí*. Brno. Nakladatelství VUTUM, 2010. 1159 s. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [2]. REMTA, F., KUPKA, L., DRAŽAN, F., a kol.: *Jeřáby*. 1. Díl. Druhé vydání. Praha. SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1974. 645 s.
- [3]. LEINVEBER, J., VÁVRA, P.: *Strojnické tabulky*. Páté vydání. Úvaly. ALBRA – pedagogické nakladatelství. 2011. 927s. ISBN 978-80-7361-081-4.
- [4]. KŘÍŽ, R., a kol.: *Strojní součásti I pro SPŠ strojnické*. Praha. SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1984. 192 s.
- [5]. Stránky FERONA: Sortiment: Trubky ocelové bezešvé: [online], [22.5.2013], dostupné z: <http://www.ferona.cz/cze/katalog/detail.php?id=38615>
- [6]. Stránky FERONA: Sortiment: Trubky ocelové bezešvé: [online], [22.5.2013], dostupné z: <http://www.ferona.cz/cze/katalog/detail.php?id=25652>
- [7]. Stránky SKF: Produkty: Valivá ložiska: Válečková ložiska [online], [22.5.2013], dostupné z: <http://www.skf.com/files/515071.pdf>
- [8]. Stránky WH-KOTE: Katalog: Kotevní technika: Chemické kotvy [online], [22.5.2013], dostupné z: <http://www.wh-kote.cz/katalog/kotevni-technika/chemicke-kotvy/kotevni-srouby-ch6-zn.htm>
- [9]. Stránky WH-KOTE: Katalog: Kotevní technika: Chemické kotvy [online], [22.5.2013], dostupné z: <http://www.wh-kote.cz/katalog/kotevni-technika/chemicke-kotvy/chemicke-ampule-spit-maxima.htm>
- [10]. Stránky SKF: Produkty: Valivá ložiska: Kuželíková ložisko [online], [22.5.2013], dostupné z: <http://www.skf.com/files/515994.pdf>
- [11]. Stránky KLADKOSTROJE: Katalog LIFTKET STAR [online], [22.5.2013], dostupné z: <http://www.kladkostroje.cz/prilohy/soubory/katalog-liftket-star.pdf>
- [12]. Stránky ITECO: Sloupové otočné jeřáby [online], [22.5.2013], dostupné z: <http://www.iteco.cz/otocne-jeraby/sloupove-otocne-jeraby/>
- [13]. Stránky TEDOX: Ke stažení: Ceník [online], [22.5.2013], dostupné z: http://www.tedox.cz/download.php?group=stranky3_soubory&id=193
- [14]. Stránky JERABY-VAZAKY: Kladkostroje [online], [22.5.2013], dostupné z: <http://www.jeraby-vazaky.cz/shop/retezovy-kladkostroj-demag/dc10/kladkost.html>
- [15]. Stránky JERABY-VAZAKY: Kladkostroje [online], [22.5.2013], dostupné z: <http://www.jeraby-vazaky.cz/shop/retezovy-kladkostroj-demag/dc20/kladkost.html>
- [16]. Stránky MAMUTAN: Řetězové kladkostroje [on line], [22.5.2013] dostupné z: <http://www.manutan.cz/retezovy-kladkostroj>

[M208079.html?leafcode=208082&fromSearch=true](http://www.akunaradi.cz/elektricky-kladkostroj-swf-20005/d-72963/)

- [17]. Stránky AKUNÁŘADÍ: Dílenské vybavení [on line], [22.5.2013], dostupné z:
<http://www.akunaradi.cz/elektricky-kladkostroj-swf-20005/d-72963/>
- [18]. Stránky AKUNÁŘADÍ: Dílenské vybavení [on line], [22.5.2013], dostupné z:
<http://www.akunaradi.cz/elektricky-kladkostroj-swf-1600/d-72961/>
- [19]. Stránky MAMUTAN: Řetězové kladkostroje [on line], [22.5.2013] dostupné z:
http://www.manutan.cz/retezovy-kladkostroj_M208079.html?leafcode=208083&fromSearch=true
- [20]. Stránky GIGASRO: Poptávka otočného sloupového jeřábu nebo konzolového jeřábu [on line], [22.5.2013] dostupné z:
<http://www.gigasro.cz/poptavka-otocneho-sloupoveho-nebo-otocneho-konzoloveho-jeřabu.html>
- [21]. Stránky KLADKOSTROJE: Katalog kabelového shrnovacího vedení [online], [22.5.2013], dostupné z:
<http://www.kladkostroje.cz/prilohy/soubory/katalog-kabeloveho-shrnovaciho-vedeni-k-e-kladkostrojum-liftket-5.pdf>

Seznam použitých zkratk a symbolů

$R_{e\min}$	[MPa]	minimální mez kluzu materiálu
R_e	[MPa]	výpočtová mez kluzu
k_n	[-]	návrhový součinitel
σ_D	[MPa]	dovolené napětí materiálu
v_z	[m·s ⁻¹]	rychlost zdvihu kladkostroje
φ	[-]	dynamický součinitel zdvihu
m_1	[kg]	maximální hmotnost břemene
m_2	[kg]	hmotnost kladkostroje
G_1	[N]	síla od hmotnosti břemene
G_2	[N]	síla od hmotnosti kladkostroje
G	[N]	celková zatěžující síla
l	[N]	délka vyložení ramene
σ_D	[MPa]	dovolené napětí materiálu
M_G	[N·mm]	ohybový moment od síly G
W_x	[cm ³]	modul průřezu v ohybu k ose x
m_3	[kg]	vlastní hmotnost výložníku
G_3	[N]	síla od hmotnosti výložníku
M_{G3}	[N·mm]	ohybový moment od síly G ₃
M_{OV}	[N·mm]	celkový ohybový moment výložníku
W_O	[mm ³]	modul průřezu v ohybu
F_{Bx}	[N]	síla v bodě B rovnoběžná s osou x
F_{By}	[N]	síla v bodě B rovnoběžná s osou y
F_{Ax}	[N]	síla v bodě A rovnoběžná s osou x
M_{OII}	[N·mm]	největší ohybový moment na sloupu
P_O	[N]	ekvivalentní statické zatížení ložiska
F_r	[N]	radiální síla působící na ložisko

F_a	[N]	axiální síla působící na ložisko
Y_o	[-]	součinitel
$F_{\dot{s}i}$	[N]	síla ve šroubu
r_i	[mm]	vzdálenost šroubu od bodu T
π	[-]	Ludolfovo číslo
g	[m·s ⁻²]	gravitační zrychlení

Seznam obrázků

<i>Obr. 1: Otočný sloupový jeřáb se spodní podpěrrou a otočením 360°</i>	11
<i>Obr. 2: Otočný sloupový jeřáb s horní podpěrrou a otočením 270°</i>	11
<i>Obr. 3: Otočný sloupový jeřáb se spodní podpěrrou a otočením 270°</i>	12
<i>Obr. 4: Otočný sloupový jeřáb kloubový</i>	12
<i>Obr. 5: Schéma sloupového jeřábu a důležitých parametrů</i>	13
<i>Obr. 6: Schéma konstrukce jeřábu</i>	15
<i>Obr. 7: Schéma výložníku</i>	17
<i>Obr. 8: VVÚ výložníku</i>	19
<i>Obr. 9: Schéma stykových a zatěžujících sil</i>	20
<i>Obr. 10: Stykové síly na sloupu</i>	21
<i>Obr. 11: Uvolnění úseku I</i>	22
<i>Obr. 12: Uvolnění úseku II</i>	23
<i>Obr. 13: VVÚ sloupu pro ohyb</i>	24
<i>Obr. 14: Schéma sil na kuželíkovém ložisku</i>	26
<i>Obr. 16: Schéma sil na válečkovém ložisku</i>	27
<i>Obr. 15: Kuželíkové ložisko</i>	27
<i>Obr. 17: Válečkové ložisko</i>	28
<i>Obr. 18: Schéma ukotvení desky</i>	29
<i>Obr. 19: Kotevní šroub</i>	29
<i>Obr. 20: Pryskeřice</i>	31
<i>Obr. 21: C-profily</i>	32
<i>Obr. 22: Držák C-profilu</i>	32
<i>Obr. 23: Konzola s upínkami</i>	33
<i>Obr. 24: Vozík pro ploché kabely</i>	33
<i>Obr. 25: Ploché kabely</i>	34

Seznam příloh

Výkresová dokumentace

SLOUPOVÝ JEŘÁB

1-3P24-15/00

SVAŘENEC SLOUPU

1-3P24-15/01